

**BATUAN METASEDIMEN IMPAK METEORIT
DI BUKIT BUNUH, LEMBAH LENGGONG,
PERAK: CIRI, KLASIFIKASI DAN
SUMBANGANNYA KEPADA TEKNOLOGI
PALEOLITIK**

NURUL AMIRA BINTI MD ISA

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
2017**

**BATUAN METASEDIMEN IMPAK METEORIT
DI BUKIT BUNUH, LEMBAH LENGGONG,
PERAK: CIRI, KLASIFIKASI DAN
SUMBANGANNYA KEPADA TEKNOLOGI
PALEOLITIK**

oleh

NURUL AMIRA BINTI MD ISA

**Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sastera**

Jun 2017

PENGHARGAAN



Alhamdulillah, dengan limpah kurnia berserta izin Yang Maha Esa dapat saya menyiap dan menyempurnakan penyelidikan ini. Setinggi-tinggi penghargaan buat penyelia, Prof. Dato' Dr. Mokhtar Saidin yang banyak memberi tunjuk ajar dalam kajian geologi dan arkeologi ini. Jutaan terima kasih diberikan kepada Kementerian Pendidikan Malaysia dan juga Pusat Penyelidikan Arkeologi Global (PPAG), USM yang memberikan bantuan kewangan melalui biasiswa MyBrain15 (MyMaster) dan juga Geran Arkeogeologi Bukit Bunuh. Ucapan penghargaan ini juga ditujukan kepada semua staf dan bekas staf PPAG yang membantu secara langsung atau tidak langsung dalam menyempurnakan kerja lapangan dan kerja makmal untuk kajian ini. Penghargaan terima kasih yang tidak terhingga juga buat pensyarah-pensyarah di PPAG, Dr. Jeffrey Abdullah, Prof. Dr. Stephen Chia, Prof. Dr. Hamzah Mohamad serta Dr. Hamid Mohd Isa yang membantu mendapatkan sampel kajian dan juga tunjuk ajar dalam menyiapkan kajian ini. Tidak lupa juga jutaan terima kasih buat rakan seperjuangan di PPAG yang turut membantu. Penghargaan khas buat keluarga tercinta terutamanya ibu ayah, En. Md Isa Mohamad dan Pn. Siti Aishah Ahmad serta adik-adik, Akmal dan Ezzati di atas galakan, nasihat, dorongan dan bantuan kewangan dalam perjalanan menyiapkan kajian tesis ini dengan sempurna. Akhir kata, segala pengorbanan dan bantuan kalian semua tidak akan pernah saya lupakan. Seikhlas kata terima kasih, setulus hati saya berikan.

ISI KANDUNGAN

PENGHARGAAN	ii
ISI KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	xiii
SENARAI FOTO	xvii
ABSTRAK	xxiv
ABSTRACT	xxv
BAB 1 BUKIT BUNUH, LEMBAH LENGGONG, PERAK	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Lokasi Kajian	1
1.3 Kajian Terdahulu	2
1.3.1 Geologi Am Lembah Lenggong, Perak	2
1.3.1(a) Formasi Kroh, Lembah Lenggong dan Pengkalan Hulu	4
1.3.1(b) Granit Banjaran Bintang dan Granit Banjaran Utama	7
1.3.1(c) Kompleks Bukit Bunuh	8
1.3.1(d) Endapan Debu Toba	11
1.3.1(e) Endapan Aluvium	12
1.3.2 Arkeologi Lembah Lenggong, Perak	13
1.3.2(a) Tapak Bukit Bunuh	16
1.4 Isu dan Masalah	19
1.5 Tujuan Kajian	19
1.6 Metod Kajian	20
1.6.1 Kajian Kepustakaan	20
1.6.2 Kajian Lapangan dan Pengumpulan Sampel	21
1.6.3 Kerja Makmal dan Analisis	22
1.6.3(a) Analisis Stereomikroskop	22
1.6.3(b) Analisis Petrografi	23

1.6.3(c)	Analisis Pendaflour Sinar-X (XRF)	23
1.6.3(d)	Analisis Belauan Sinar-X (XRD)	24
1.6.3(e)	Analisis Mikroskop Elektron Imbasan (SEM)	24
1.6.3(f)	Analisis Spektrometer Sinar-X Serakan Tenaga (EDX)	25
1.6.3(g)	Analisis Pengaktifan Neutron secara Instrumentasi (INAA)	26
1.6.3(h)	Analisis Kekerasan Skala Mohs	26
1.6.4	Pengumpulan dan Penafsiran Data	27
1.7	Skop Kajian	27
1.8	Rangka Bab	28
BAB 2	KAWAH IMPAK METEORIT DUNIA DAN BAHAN ASAS KEBUDAYAAN PALEOLITIK DI ASIA	
2.1	Pengenalan	29
2.2	Metasedimen sebagai Batuan Dasar dan Batuan Sasaran Impak di Tapak Impak Meteorit Dunia	30
2.2.1	Amelia Creek, Australia	34
2.2.2	Bosumtwi, Afrika	36
2.2.3	Crawford & Flaxman, Australia	38
2.2.4	Holleford, Kanada	39
2.2.5	Jänisjärvi, Rusia	41
2.2.6	Kelly-West, Australia	43
2.2.7	Newporte, Amerika Syarikat	44
2.2.8	Roter Kamm, Namibia	47
2.2.9	Slate Islands, Kanada	48
2.2.10	Suavjärvi, Rusia	50
2.2.11	Sudbury, Kanada	53
2.2.12	Tookoonooka, Australia	54
2.2.13	Tvären, Sweden	55
2.2.14	Wanapitei, Kanada	56
2.2.15	Zhamanshin, Kazakhstan	57
2.2.16	Bukit Bunuh	59
2.2.17	Lain-lain Tapak Kawah	62

	2.2.17(a) Kawah Chesapeake Bay	62
	2.2.17(b) Kawah Darwin	63
2.3	Bahan Asas Kebudayaan Paleolitik Pleistosen Pertengahan dan Paleolitik Pleistosen Akhir di Asia	68
2.3.1	Asia Tenggara	70
	2.3.1(a) Malaysia	70
	2.3.1(b) Filipina	76
	2.3.1(c) Indonesia	77
	2.3.1(d) Myanmar	79
	2.3.1(e) Thailand	79
	2.3.1(f) Vietnam	80
2.3.2	Asia Tengah dan Asia Timur	81
	2.3.2(a) China	81
	2.3.2(b) India	84
2.4	Isu dan Masalah Tapak	87
2.5	Rumusan Bab	88
BAB 3	KAJIAN LAPANGAN DI LEMBAH LENGGONG, PERAK DAN KAWASAN SEKITAR	
3.1	Pengenalan	89
3.2	Sampel Batuan	89
3.3	Kerja Lapangan	93
	3.3.1 Metod Kerja Lapangan	93
	3.3.2 Kerja Lapangan Fasa I	94
	3.3.3 Kerja Lapangan Fasa II	108
	3.3.3(a) Taburan Metasedimen Impak Bukit Bunuh (Fasa I) dan Kampung Bor (Fasa II)	112
	3.3.4 Kerja Lapangan Fasa III	115
	3.3.5 Kerja Lapangan Fasa IV	124
3.4	Rumusan Bab	129
BAB 4	SIFAT FIZIKAL DAN GEOKIMIA METASEDIMEN IMPAK BUKIT BUNUH	
4.1	Pengenalan	130
4.2	Metasedimen Impak	130
4.3	Klasifikasi Metasedimen Impak Secara Fizikal dan Geokimia	132

4.3.1	Metasedimen Kekuarzitan	135
4.3.2	Metasedimen Kerijangan	141
4.3.3	Metasedimen Keflinan	146
4.3.4	Metasedimen Kergilitan	149
4.4	Klasifikasi Metasedimen Impak Menggunakan Gambarajah Diskriminasi	154
4.5	Asalan Metasedimen Impak	158
4.5.1	Batuan Asalan Metasedimen Kekuarzitan, Metasedimen Kerijangan dan Metasedimen Keflinan	158
4.6	Bukti Impak pada Metasedimen Impak	167
4.6.1	Bukti Makrostruktur	167
4.6.2	Bukti Mikrostruktur	175
4.6.3	Bukti Geokimia	181
4.6.3(a)	Bukti Mineral Polimorf Tekanan Tinggi	181
4.6.3(a)(i)	Ringwoodit (Mg_2SiO_4)	182
4.6.3(a)(ii)	Buchwaldit (NaCaPO_4)	183
4.6.3(a)(iii)	Indialit ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$)	183
4.6.3(b)	Unsur Nadir Bumi, REE (Kaedah SEM dan EDX)	186
4.6.3(c)	Unsur Nadir Bumi, REE (Kaedah INAA)	193
4.6.4	Bukti Kekerasan	197
4.7	Rumusan	201
BAB 5 BAHAN ASAS DARI METASEDIMEN IMPAK BUKIT BUNUH		
5.1	Pengenalan	203
5.2	Kebudayaan Paleolitik Bukit Bunuh	203
5.3	Bahan Asas dari Metasedimen Impak	208
5.4	Artifak dari Metasedimen Impak	212
5.4.1	Metasedimen Kerijangan	214
5.4.1(a)	Peralatan	215
5.4.1(b)	Alat Batu	218
5.4.1(c)	Puingan	227
5.4.2	Metasedimen Kekuarzitan	229
5.4.2(a)	Peralatan	230

5.4.2(b)	Alat Batu	231
5.4.2(c)	Puingan	240
5.5	Ciri Fizikal dan Geokimia Bahan Asas dari Metasedimen Impak	243
5.5.1	Kumpulan Mineral Silikat	244
5.5.2	Butiran Mikro	245
5.5.3	Bersifat Homogen	250
5.5.4	Kepadatan dan Kemampatan yang Tinggi	255
5.5.5	Kekerasan yang Tinggi	257
5.5.6	Sifat Kerapuhan (<i>Brittleness</i>)	262
5.5.7	Pecahan Konkoidal	264
5.6	Rumusan Bab	266
BAB 6	SUMBANGAN METASEDIMEN SEBAGAI BATUAN IMPAKTIT DAN BAHAN ASAS ARTIFAK DI BUKIT BUNUH	
6.1	Pengenalan	268
6.2	Klasifikasi Batuan Metasedimen Impak dan Asalannya	269
6.3	Ciri Fizikal dan Geokimia Metasedimen Impak Sebagai Pembuktian Kepada Impak Meteorit	272
6.4	Hubungan di antara Ciri Fizikal dan Geokimia Batuan Metasedimen Impak dengan Teknologi Pemilihan Bahan Asas Paleolitik	274
6.5	Kajian Lanjutan	282
	RUJUKAN	283
	LAMPIRAN	
A	Analisis Stereomikroskop	309
B	Analisis Petrografi	311
C	Proses penyerbukan untuk analisis spektrometri sinar-X (XRF dan XRD)	313
D	Teknik Pendaflour Sinar-X (XRF)	314
E	Teknik Pembelauan Sinar-X (XRD)	316
F	Teknik Mikroskop Elektron Imbasan (SEM) dan Spektrometer Sinar-X Serakan Tenaga (EDX)	317
G	Ujian Kekerasan Skala Mohs	318
H	Senarai 190 buah tapak impak meteorit di seluruh dunia mengikut susunan abjad	319

GLOSORI	335
SENARAI PENERBITAN	347

SENARAI JADUAL

		Halaman
Jadual 1.1	Bahan asas di tapak Paleolitik terbuka di Lembah Lenggong (Nor Khairunnisa, 2013).	18
Jadual 2.1	Tapak impak meteorit yang mempunyai batuan metasedimen di seluruh dunia.	31
Jadual 2.2	Maklumat kronologi dan statigrafi kawah Amelia Creeks (selepas MacDonald <i>et al.</i> , 2005). Pentarikan Rb/Sr batuan adalah dari Blake <i>et al.</i> (1987).	35
Jadual 2.3	Kronologi kawah Newporte.	46
Jadual 2.4	Senarai bukti impak yang dijumpai di Bukit Bunuh berdasarkan PASSC (<i>The Planetary and Space Science Centre, University of Brunswick, Canada</i>) (selepas Nur Asikin, 2013).	61
Jadual 2.5	Batuan impaktit di 17 tapak kawah impak meteorit yang mengandungi batuan sasaran metasedimen.	66
Jadual 2.6	Penggunaan batuan impaktit sebagai bahan asas pada 17 tapak kawah.	67
Jadual 3.1	Sampel yang terlibat dalam proses persampelan untuk kajian.	90
Jadual 3.2	Istilah untuk batuan kuarzit, rijang, flin, akik dan argilit.	92
Jadual 3.3	Peralatan keperluan semasa melakukan kerja lapangan.	96
Jadual 3.4	Metasedimen impak di Bukit Bunuh.	100
Jadual 3.5	Klasifikasi saiz butiran untuk sedimen (selepas Wentworth, 1922).	100
Jadual 3.6	Tiik taburan metasedimen impak di Bukit Bunuh dan Kampung Bor.	113
Jadual 3.7	Batuan asalan bagi metasedimen impak yang diperkenalkan oleh Nur Asikin (2013).	117
Jadual 3.8	Sampel Honfel Kg Bukit Teluk Batu, BH1.	120
Jadual 3.9	Sampel Honfel Puncak Bukit Bunuh, BH2.	120

Jadual 3.10	Ringkasan lokaliti batuan jangkaan asalan metasedimen impak yang dijumpai pada Formasi Kroh.	123
Jadual 3.11	Rijang yang didapatkan dari beberapa lokaliti untuk tujuan perbandingan.	126
Jadual 3.12	Pemetaan dan bilangan sampel metasedimen impak yang didapatkan dari kerja lapangan Fasa I dan II.	127
Jadual 3.13	Pemetaan dan bilangan sampel yang didapatkan dari kerja lapangan Fasa III dan IV.	129
Jadual 4.1	Batuan metasedimen impak dan batuan sejenisnya.	133
Jadual 4.2	Purata peratusan unsur major 13 sampel metasedimen kekuarzitan.	140
Jadual 4.3	Purata unsur oksida dan unsur surih metasedimen kerijangan.	145
Jadual 4.4	Purata unsur oksida dan unsur surih metasedimen keflinan.	149
Jadual 4.5	Purata unsur oksida dan unsur surih metasedimen keargilitan.	153
Jadual 4.6	Perbandingan unsur oksida kuarzit dan metasedimen kekuarzitan.	162
Jadual 4.7	Senarai mineral batu lumpur, honfel dan metasedimen kerijangan.	165
Jadual 4.8	Purata unsur oksida batu lumpur, honfel dan metasedimen kerijangan.	166
Jadual 4.9	Unsur REE yang dikesan pada sampel metasedimen impak.	190
Jadual 4.10	Imej SEM menunjukkan unsur REE yang didapatkan dari metasedimen impak.	192
Jadual 4.11	Unsur surih yang didapatkan daripada sampel rijang pelbagai formasi.	194
Jadual 4.12	Imej SEM sampel rijang dari beberapa formasi yang menunjukkan hanya sedikit unsur REE.	195
Jadual 4.13	Purata nilai kepekatan REE dari metasedimen impak dan kerak bumi.	196

Jadual 4.14	Panduan nilai kekerasan Vickers (selepas Samsonov, 1968 & Cordua, 1990) yang dibandingkan dengan nilai skala kekerasan Mohs.	200
Jadual 4.15	Hasil perbandingan nilai skala Mohs metasedimen impak dengan nilai kekerasan Vickers.	200
Jadual 5.1	Bahan asas yang terdapat di Bukit Bunuh dan tapak Paleolitik terbuka Pertengahan dan Akhir lain di Lembah Lenggong (Nor Khairunnisa, 2013).	209
Jadual 5.2	Penggunaan bahan asas batuan impaktit melalui ekskavasi Bukit Bunuh 2008-2010 (selepas Nor Khairunnisa, 2013).	210
Jadual 5.3	Ciri-ciri peralatan, alat batu dan puingan.	213
Jadual 5.4	Perbandingan di antara bahan asas dan jenis artifak metasedimen kekuarzitan dan metasedimen kerijangan dengan bahan asas impaktit lain di Bukit Bunuh (selepas Nor Khairunnisa, 2013).	242
Jadual 5.5	Peratusan artifak dari bahan asas metasedimen kerijangan dan metasedimen kekuarzitan (selepas Nor Khairunnisa, 2013).	242
Jadual 5.6	Unsur dan mineral silikat pembentuk batuan metasedimen kerijangan dan metasedimen kekuarzitan.	245
Jadual 5.7	Purata analisis geokimia dari data XRF metasedimen kerijangan dan metasedimen kekuarzitan yang menunjukkan SiO ₂ yang dominan berbanding unsur oksida lain.	251
Jadual 5.8	Piawai Kekerasan Skala Mohs.	259
Jadual 5.9	Nilai kekerasan bahan asas dari metasedimen impak.	259
Jadual 6.1	Ciri-ciri fizikal yang digunakan untuk pengelasan metasedimen impak.	270
Jadual 6.2	Ciri-ciri geokimia yang digunakan untuk pengelasan metasedimen impak.	270
Jadual 6.3	Dua bukti impak yang ditemui daripada kajian ini di dalam batuan metasedimen impak Bukit Bunuh.	272
Jadual 6.4	Bukti atau kesan impak lain yang didapatkan dari batuan metasedimen impak, Bukit Bunuh.	275

Jadual 6.5	Penggunaan bahan asas dari metasedimen impak sebagai artifak di Bukit Bunuh.	277
Jadual 6.6	Penggunaan bahan asas dari batuan impaktit melalui ekskavasi Bukit Bunuh 2008-2010 (selepas Nor Khairunnisa, 2013).	278
Jadual 6.7	Peratusan artifak yang menggunakan bahan asas dari metasedimen impak melalui ekskavasi Bukit Bunuh 2008-2010 (selepas Nor Khairunnisa, 2013).	279

SENARAI RAJAH

	Halaman
Rajah 1.1 Kedudukan kawasan kajian Bukit Bunuh di Lembah Lenggong, Perak.	3
Rajah 1.2 Peta geologi kawasan Lembah Lenggong, Perak.	14
Rajah 1.3 Peta stratigrafi Hulu Perak (selepas Nur Asikin, 2013).	15
Rajah 1.4 Carta metod kajian melibatkan proses mendapatkan data.	20
Rajah 2.1 Kawah impak meteorit dunia yang mempunyai batuan metasedimen termasuk Bukit Bunuh.	33
Rajah 2.2 Struktur kawah Amelia Creek (selepas Macdonald & Mitchell, 2003).	34
Rajah 2.3 Peta geologi di kawasan kawah Bosumtwi (selepas Jones <i>et al.</i> , 1981).	37
Rajah 2.4 Stratigrafi Holleford yang menunjukkan kedudukan lubang gerudi (selepas Dawson, 1961).	40
Rajah 2.5 Litologi tapak kawah impak meteorit Janisjarvi (Sumber: Salminen <i>et al.</i> , 2006a).	42
Rajah 2.6 Stratigrafi kawah Newporte (selepas Koeberl & Reimold, 1995).	46
Rajah 2.7 Struktur kawah Roter Kamm (selepas Hecht <i>et al.</i> , 2008).	47
Rajah 2.8 Litologi struktur kawah Slate Islands (selepas Sage, 1991 dan Hollings <i>et al.</i> , 2006).	49
Rajah 2.9 Geologi kawasan kawah Suavjärvi (selepas Naumov, 2010).	51
Rajah 2.10 Geologi kawah Sudbury (selepas Faggart <i>et al.</i> , 1985 dan INCO Limited, 1987).	54
Rajah 2.11 Keratan rentas kawah Tvären (selepas Willman <i>et al.</i> , 2010).	56

Rajah 2.12	Kompleks Bukit Bunuh dengan kehadiran batuan impaktit (Sumber: Nur Asikin, 2013).	61
Rajah 2.13	Tapak Paleolitik Pertengahan di Asia.	69
Rajah 2.14	Tapak Paleolitik Akhir di Asia.	69
Rajah 3.1	Peta topografi kawasan kajian di Bukit Bunuh, Lenggong, Perak (selepas Jabatan Pemetaan Negara, 1998) yang menunjukkan sempadan kawah dan zon <i>rebound</i> (Nur Aminuda <i>et al.</i> , 2015).	95
Rajah 3.2	Jenis-jenis batuan impaktit bagi kawasan Bukit Bunuh dan kawasan sekitarnya (selepas Nur Asikin, 2013).	98
Rajah 3.3	Peta kedudukan kawasan Fasa I (Bukit Bunuh) & Fasa II (Kampung Bor)	113
Rajah 3.4	Carta pai menunjukkan peratusan kehadiran metasedimen kerijangan (MCh), metasedimen kekuarzitan (MQzt), metasedimen keflinan (MF) dan Metasedimen keargilitan (MAr) di kawasan Bukit Bunuh (Fasa I).	114
Rajah 3.5	Carta pai menunjukkan peratusan kehadiran metasedimen kerijangan (MCh), metasedimen kekuarzitan (MQzt) dan metasedimen keargilitan (MAr) di kawasan Bukit Bunuh. di kawasan Kampung Bor (Fasa II).	114
Rajah 3.6	Peta menunjukkan lokaliti taburan metasedimen impak di Lembah Lenggong.	116
Rajah 3.7	Peta lokaliti batuan jangkaan asalan metasedimen impak.	124
Rajah 3.8	Peta menunjukkan formasi yang mempunyai taburan singkapan rijang terletak di utara Semenanjung Malaysia (selepas The Malaysian-Thai Working Group, 2012) dan lokaliti sampel rijang.	125
Rajah 4.1	Gambarajah diskriminasi ACF metasedimen impak.	156
Rajah 4.2	Gambarajah diskriminasi $(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ vs (Na_2O+K_2O) vs $(MgO+CaO+MnO)$ metasedimen impak yang diperbesarkan.	157
Rajah 4.3	Gambarajah diskriminasi ACF kuarzit Formasi Kroh dan metasedimen kekuarzitan.	162

Rajah 4.4	Gambarajah diskriminasi $(Al_2O_3+Fe_2O_3) - (Na_2O+K_2O) - (MgO+CaO+MnO)$ kuarzit Formasi Kroh dan metasedimen impak yang diperbesarkan.	163
Rajah 4.5	Gambarajah diskriminasi $(Al_2O_3+Fe_2O_3) - (Na_2O+K_2O) - (MgO+CaO+MnO)$ honfel, batu lumpur dan metasedimen kerijangan menunjukkan ketaksamaan komposisi kimia.	166
Rajah 4.6	Hasil analisis XRD yang menunjukkan kehadiran mineral Ringwoodit.	184
Rajah 4.7	Hasil analisis XRD yang menunjukkan kehadiran mineral Buchwaldit pada metasedimen keflinan.	185
Rajah 4.8	Hasil analisis XRD yang menunjukkan kehadiran mineral Indialit.	187
Rajah 4.9	Jadual berkala unsur menunjukkan kedudukan unsur REE.	188
Rajah 4.10	Graf menunjukkan perbandingan di antara nilai kepekatan unsur nadir bumi (REEs) pada kerak bumi dan pada batuan metasedimen impak.	197
Rajah 5.1	Petak ekskavasi Bukit Bunuh 2001-2003 dan Bukit Bunuh 2008-2010 (Sumber: Nor Khairunnisa, 2013).	206
Rajah 5.2	Kedudukan petak ekskavasi di Bukit Bunuh (Sumber: Nor Khairunnisa, 2013).	207
Rajah 5.3	Illustrasi batu teras yang menunjukkan kehadiran faset.	217
Rajah 5.4	Illustrasi alat penetak dari metasedimen kerijangan.	219
Rajah 5.5	Alat repehan bergerigi mempunyai mata tepi di hujung dan sisi.	222
Rajah 5.6	Illustrasi alat repehan berbentuk tirus.	223
Rajah 5.7	Illustrasi alat repehan campuran mata tepi bergerigi dan bertirus.	225
Rajah 5.8	Alat repehan campuran mata tepi bertakik dan bertirus.	226
Rajah 5.9	Illustrasi alat repehan mata tepi bergerigi.	234
Rajah 5.10	Illustrasi alat repehan mata tepi bergerigi.	235

Rajah 5.11	Illustrasi alat repehan campuran mata tepi bergerigi dan bertakik.	236
Rajah 5.12	Illustrasi alat repehan campuran mata tepi bergerigi dan bertakik.	237
Rajah 5.13	Illustrasi alat repehan campuran mata tepi bergerigi dan bertakik pada sisi yang sama.	238
Rajah 5.14	Illustrasi alat repehan campuran mata tepi bergerigi dan bertakik pada bahagian sisi.	239
Rajah 5.15	Graf bilangan artifak metasedimen kerijangan dan metasedimen kekuarzitan untuk Bukit Bunuh 2008-2010 (selepas Nor Khairunnisa, 2013).	242
Rajah 5.16	Analisis mineral metasedimen kerijangan menunjukkan kehadiran kuarza yang dominan dan hanya sedikit mineral kaolinit.	252
Rajah 5.17	Analisis mineral metasedimen kekuarzitan menunjukkan kehadiran kuarza yang dominan dan hanya sedikit mineral kaolinit dan montmorilonit.	253
Rajah 5.18	Illustrasi membandingkan saiz butiran dan saiz rongga antara butiran yang mempengaruhi kemampatan batuan.	256
Rajah 5.19	Perbezaan pecahan <i>trangranular</i> dan pecahan <i>intergranular</i> (selepas Ballard, 1997).	256
Rajah 5.20	Bahan asas dengan sifat kerapuhan pada bahagian tepi senang untuk direpehkan dan mendapatkan mata tepi yang tajam.	263
Rajah 6.1	Carta menunjukkan ciri-ciri metasedimen impak yang mempengaruhi pemilihan bahan asas.	281

SENARAI FOTO

		Halaman
Foto 2.1	<i>Zhamanshinites</i> kaya silika (kiri) (sumber: Koeberl & Fredriksson, 1986). <i>Irghizite</i> (sumber: Vetvicka et al., 2008).	58
Foto 2.2	Tektit Georgia yang dijumpai di Aiken County, Amerika Syarikat berbentuk seperti air mata (<i>teardrop</i>) dengan hujung ekor yang rata dan nipis. Sumber: Aiken Gem, Mineral and Fossil Society (2015).	63
Foto 3.1	Penggunaan GPS dalam pemetaan batuan metasedimen impak yang dijumpai di Bukit Bunuh.	99
Foto 3.2	Bongkah metasedimen kekuarzitan.	101
Foto 3.3	Klasta metasedimen kekuarzitan dalam batuan impaktit.	101
Foto 3.4	Metasedimen kekuarzitan menunjukkan selang lapis di Bukit Bunuh.	102
Foto 3.5	Bongkah metasedimen kerijangan.	102
Foto 3.6	Klasta metasedimen kerijangan yang menunjukkan sempadan yang jelas.	103
Foto 3.7	Metasedimen kerijangan bersempadan dan bergumpal dengan batuan impaktit lain.	103
Foto 3.8	Bongkah metasedimen keflinan.	104
Foto 3.9	Klasta metasedimen keflinan dalam batuan impaktit, suevit.	105
Foto 3.10	Bongkah metasedimen keargilitan berselang lapis dengan sela kira-kira satu sentimeter (cm).	106
Foto 3.11	Alat reph bertirus, bertakik dan beergerigi metasedimen kerijangan.	107
Foto 3.12	Batu pemukul daripada metasedimen kekuarzitan.	108
Foto 3.13	Metasedimen keargilitan bergumpal dalam suevit membentuk klasta bersaiz besar.	109

Foto 3.14	Metasedimen kekuarzitan dengan butiran kasar dan bersaiz tidak sekata iaitu bertekstur <i>inequigranular</i> .	110
Foto 3.15	Metasedimen kekuarzitan dengan saiz butiran menghampiri metasedimen kerijangan.	111
Foto 3.16	Sebahagian daripada singkapan batu lumpur yang didapatkan dari Formasi Kroh di Gerik.	118
Foto 3.17	Sampel BH1 yang segar menunjukkan kehadiran telerang kalsit yang memotong penjaluran mineral gelap dan cerah.	119
Foto 3.18	Sampel BH2 yang mengalami luluhawa sederhana hingga tinggi.	120
Foto 3.19	Bongkah kuarzit yang diambil daripada singkapan di Gerik.	122
Foto 3.20	Bongkah kuarzit terluluhawa yang diambil daripada singkapan di Lawin.	122
Foto 4.1	Metasedimen kekuarzitan dengan saiz butiran sederhana besar yang boleh diperhatikan dengan mata kasar.	136
Foto 4.2	Metasedimen kekuarzitan dengan warna kelabu kemerahan.	136
Foto 4.3	Metasedimen kekuarzitan sebagai klasta dalam batuan impaktit.	138
Foto 4.4	Metasedimen kekuarzitan beraliran.	138
Foto 4.5	Metasedimen kekuarzitan menunjukkan selang lapis di Bukit Bunuh.	139
Foto 4.6	Satu bongkah batuan yang menunjukkan kehadiran metasedimen kekuarzitan (kanan) dan metasedimen kerijangan berlaminasi.	139
Foto 4.7	Hirisan nipis metasedimen kekuarzitan (tanpa nikol silang, 40 kali pembesaran) menunjukkan batuan ini dominan dengan kuarza bersaiz butiran sederhana besar dan <i>inequigranular</i> .	140
Foto 4.8	Sampel tangan batuan metasedimen kerijangan menunjukkan butirannya yang halus dan padat.	142
Foto 4.9	Metasedimen kerijangan yang berjaluran.	144

Foto 4.10	Metasedimen kerijangan yang dominan dengan kuarza yang membentuk penjaluran mikro (Nikol silang; 40x pembesaran).	144
Foto 4.11	Bongkah metasedimen keflinan.	146
Foto 4.12	Metasedimen keflinan yang berjalur dan tidak berjalur kebanyakannya dijumpai dalam bentuk serpihan kecil.	147
Foto 4.13	Klasta metasedimen keflinan di dalam batuan suevit yang berbutir halus.	148
Foto 4.14	Bongkah metasedimen keargilitan.	151
Foto 4.15	Sampel tangan metasedimen keargilitan.	151
Foto 4.16	Metasedimen keargilitan menunjukkan selang lapis yang jelas di bawah pandangan mikroskop optik (nikol silang, 40x pembesaran).	152
Foto 4.17	Metasedimen keargilitan menunjukkan perubahan telerang yang mengandungi serisit memotong perlapisan batuan (nikol silang, 40x pembesaran).	152
Foto 4.18	Perubahan saiz butiran dari metasedimen kekuarzitan ke metasedimen keflinan melalui analisis petrografi.	160
Foto 4.19	Kuarzit merah yang didapatkan dari Lawin, Perak.	160
Foto 4.20	Kuarzit yang didapatkan dari Sungai Beruk, Gerik, Perak.	161
Foto 4.21	Honfel yang didapatkan dari teras gerudi yang dilakukan oleh JMG Perak.	164
Foto 4.22	Struktur regmaglypts pada sisa kulit luar yang dijumpai pada metasedimen kekuarzitan (kiri) dan metasedimen kerijangan dengan saiz lekuk yang pelbagai.	169
Foto 4.23	Struktur regmaglypts bandingan dari Taza, Morocco (<i>The Meteoritical Society</i> , 2016).	169
Foto 4.24	Batuan metasedimen kerijangan dengan kulit luar yang merepuh (bahagian kanan) dan terdapat rongga kecil.	170
Foto 4.25	Metasedimen kekuarzitan yang mempunyai rongga berdekatan dengan kulit luar.	171

Foto 4.26	Mineral sekunder yang mengisi rongga-rongga pada batuan metasedimen dampak hasil pemeluwapan wap silika.	171
Foto 4.27	Gugusan (putih) hasil pemeluwapan wap silika dalam rongga dari batuan leburan dampak dari kawah El'gygytgyn, Rusia (Gurov et al., 2005).	171
Foto 4.28	Tekstur rekahan pada permukaan batuan metasedimen kerijangan dengan pelbagai saiz.	172
Foto 4.29	Tekstur bukaan/ rekahan yang diisi oleh pasir sungai pada metasedimen kekuarzitan.	173
Foto 4.30	Pandangan keratan rentas metasedimen kekuarzitan menunjukkan penjaluran yang terganggu dan terlebur pada rekahan yang diisi REE yang terbentuk ketika suhu dan tekanan tinggi.	173
Foto 4.31	Sempadan di antara metasedimen kerijangan dengan batuan leburan dampak menunjukkan adanya perleburan sederhana.	174
Foto 4.32	Metasedimen kekuarzitan yang menunjukkan sempadan yang jelas dengan batuan suevit.	174
Foto 4.33	Metasedimen keflinan yang bersempadan jelas dengan suevit.	175
Foto 4.34	Mineral berkaca di dalam metasedimen dampak.	176
Foto 4.35	Dua set PDF yang membengkok dikenali sebagai <i>decorated PDF</i> .	177
Foto 4.36	Kaolinit berkeping rencam yang mengarah pada pelbagai arah dalam sampel metasedimen kerijangan.	178
Foto 4.37	Mineral sekunder berbentuk jejarum diakibatkan oleh halaju tinggi yang menumpang pada mineral silikat ditemui di dalam rongga.	179
Foto 4.38	Oksida besi (FeO) tulen ditemui di dalam rongga. Berwarna hitam berkilat pada pandangan mata kasar.	180
Foto 4.39	Mineral berbilah yang tidak dikenal pasti. Agregat mineral ini membentuk struktur membulat bersaiz nano.	180
Foto 4.40	Kit Skala Kekerasan Mohs Deluxe.	198

Foto 4.41	Cara menggores <i>pick tool</i> pada sampel batuan.	199
Foto 5.1	Alat ketulan daripada bahan asas metasedimen keargilitan di Bukit Bunuh. Sumber: Nur Asikin (2013).	211
Foto 5.2	Analisis petrografi menunjukkan metasedimen keargilitan yang berselang-lapis dan mempunyai retakan.	211
Foto 5.3	Batu teras metasedimen kerijangan mempunyai empat faset dengan dasar yang rata.	216
Foto 5.4	Batu teras yang menunjukkan kehadiran faset.	217
Foto 5.5	Batu teras yang tidak direpehkan pada muka bahagian yang mengandungi tekstur rekahan/ bukaan.	217
Foto 5.6	Alat penetak dari metasedimen kerijangan.	219
Foto 5.7	Kapak genggam dari metasedimen kerijangan.	220
Foto 5.8	Kapak genggam yang menunjukkan teknik perapian mata tepi sisi kiri.	220
Foto 5.9	Alat repehan bergerigi mempunyai mata tepi di hujung dan sisi.	222
Foto 5.10	Alat repehan berbentuk tirus.	223
Foto 5.11	Alat repehan campuran mata tepi bergerigi dan bertirus.	225
Foto 5.12	Alat repehan campuran mata tepi bertakik dan bertirus.	226
Foto 5.13	Alat ketulan metasedimen kerijangan.	227
Foto 5.14	Ketulan metasedimen kerijangan.	228
Foto 5.15	Repehan metasedimen kerijangan. Sumber: Nor Khairunnisa, 2013.	228
Foto 5.16	Serpihan metasedimen kerijangan. Sumber: Nor Khairunnisa, 2013.	229
Foto 5.17	Batu teras dari metasedimen kekuarzitan.	232
Foto 5.18	Alat penetak dari metasedimen kekuarzitan.	232

Foto 5.19	Alat pebel dari metasedimen kekuarzitan dengan bentuk pebel.	233
Foto 5.20	Alat repehan mata tepi bergerigi.	234
Foto 5.21	Alat repehan mata tepi bergerigi.	235
Foto 5.22	Alat repehan campuran mata tepi bergerigi dan bertakik.	236
Foto 5.23	Alat repehan campuran mata tepi bergerigi dan bertakik.	237
Foto 5.24	Alat repehan campuran mata tepi bergerigi dan bertakik pada sisi yang sama.	238
Foto 5.25	Alat repehan campuran mata tepi bergerigi dan bertakik pada bahagian sisi.	239
Foto 5.26	Alat ketulan metasedimen kekuarzitan.	240
Foto 5.27	Ketulan metasedimen kekuarzitan.	241
Foto 5.28	Bahan asas dari metasedimen kerijangan yang mempunyai butiran bersaiz mikro dengan struktur yang mampat dan padat serta homogen.	246
Foto 5.29	Metasedimen kerijangan menunjukkan saiz butiran kurang daripada 30 μm dengan menggunakan analisis SEM.	246
Foto 5.30	Bahan asas dari metasedimen kekuarzitan yang mempunyai butiran bersaiz sederhana kasar berbanding metasedimen kerijangan.	248
Foto 5.31	Metasedimen kekuarzitan yang menunjukkan saiz butiran dengan anggaran di antara 78 μm sehingga mencapai 124 μm dengan menggunakan analisis SEM.	248
Foto 5.32	Perepehan ke atas metasedimen kekuarzitan (kiri) yang sedikit kasar dan metasedimen kerijangan (kanan) yang menunjukkan tekstur licin.	249
Foto 5.33	Perepehan bahan asas metasedimen kekuarzitan yang diganggu oleh inklusi bahan asing dan rongga.	254
Foto 5.34	Bahan asas dari metasedimen keargilitan yang mempunyai penjaluran mengakibatkan perepehannya diganggu satah lemah.	255

Foto 5.35	Perbezaan di antara kedalaman goresan pada metasedimen kerijangan (kiri) dan metasedimen keflinan (kanan), kedua-duanya menggunakan #7 (goresan bawah) dan #8 (goresan atas).	271
Foto 5.36	Bahan asas metasedimen kerijangan yang menghasilkan pecahan konkoidal yang halus, licin dan tajam.	265
Foto 5.37	Bahan asas metasedimen kekuarzitan dengan pecahan konkoidal yang sedikit kasar.	266

**BATUAN METASEDIMEN IMPAK METEORIT DI BUKIT BUNUH, LEMBAH
LENGGONG, PERAK: CIRI, KLASIFIKASI DAN SUMBANGANNYA KEPADA
TEKNOLOGI PALEOLITIK**

ABSTRAK

Kajian geologi dan arkeologi ini memfokuskan kepada batuan metasedimen impak yang terdapat di tapak impak meteorit Bukit Bunuh, Lembah Lenggong, Perak. Tujuannya adalah untuk membina klasifikasi, menentukan asalan, mengenal pasti bukti impak dan sekaligus menyenaraikan ciri-cirinya sebagai bahan asas. Ciri fizikal dan geokimia metasedimen impak ditentukan menerusi analisis stereomikroskop, petrografi, XRF, XRD, SEM, EDX dan INAA. Hasil analisis terhadap 52 sampel metasedimen di Bukit Bunuh telah memperkukuhkan lagi bukti bahawa metasedimen ini telah terimpak dan boleh diklasifikasikan kepada metasedimen kekuarzitan, metasedimen kerijangan, metasedimen keflinan dan metasedimen keargilitan menerusi ciri fizikalnya. Asalan batuan ini juga diketahui daripada kuarzit Formasi Kroh, kecuali metasedimen keargilitan yang menunjukkan ciri-ciri geokimia yang berbeza. Bukti impak meteorit yang ditemui dalam batuan metasedimen impak di Bukit Bunuh ialah (i) struktur lamela berselang seli (PDF); (ii) mineral polimorf bertekanan tinggi (ringwoodit, buchawaldit dan indialit); (iii) struktur *regmaglypt*; (iv) pemineralan sekunder termasuklah mineral silikat dan mineral besi tulen; (v) kehadiran unsur nadir bumi (REE - Ce, Dy, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Pm, Sm, Tb, Tm, Y); (vi) struktur rekahan yang diisi bahan asing yang mengandungi REE; (vii) mineral berkaca; (viii) anhedron klasta; (ix) anhedron kaolinit dan (x) bukti kekerasan batuan. Bukit Bunuh mempunyai bahan asas terbaik dari batuan impaktit khasnya metasedimen kekuarzitan dan metasedimen kerijangan untuk industri Paleolitik dengan ciri-ciri berbutir halus, padat dan keras yang membolehkan bahan asas ini menghasilkan pecahan konkoidal dan mata tepi yang terbaik. Pendek kata, Bukit Bunuh selepas terkena impak meteorit telah menyediakan bahan asas yang bermutu tinggi menyebabkan tapak Bukit Bunuh ini digunakan secara berterusan sepanjang Paleolitik.

**METASEDIMENTARY METEORITE IMPACT ROCK IN BUKIT BUNUH,
LENGGONG VALLEY, PERAK: FEATURES, CLASSIFICATION AND ITS
CONTRIBUTION TO THE PALEOLITHIC TECHNOLOGY**

ABSTRACT

This geological and archaeological study focuses on the metasedimentary impact rock found on a meteorite impact site at Bukit Bunuh, Lenggong Valley, Perak. The aims of this study is to classified, determining the origin and identify impact evidence and at once listing its characteristics as a raw material. The physical and geochemical characteristic of metasedimentary impact are determine by stereomicroscope study, conventional petrographic study, XRF, XRD, SEM, EDX and INAA. The analysis of 52 metasedimentary rocks samples from Bukit Bunuh strengthen the evidence it has been impacted and which can be classified through physical characteristics into quartzose, cherty, flint and argillaceous metasedimentary impact rocks. Known that it origin is quartzite of the Kroh Formation except for argillaceous which show different geochemical characteristics. Impact meteorite evidence were found in this Bukit Bunuh metasedimentary impact rock including (i) planar deformation feature (PDF); (ii) mineral polymorphs high pressure (ringwoodite, buchawaldite and indialite); (iii) regmaglypt; (iv) secondary mineralization includes silicate and iron minerals; (v) the presence of rare earth elements (REE - Ce, Dy, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Pm, Sm, Tb, Tm and Y); (vi) cracks structure filled with REE; (vii) glassy material; (viii) anhedral clast; (ix) anhedral kaolinite and (x) rock hardness evidence. Bunuh Bukit provides the best raw material from impactite rock especially quartzose and cherty metasedimentary impact for Paleolithic industry with the characteristics of fine-grained, dense and hard which allows the raw material to produces the best conchoidal fracture and sharp edge. In conclusions, Bukit Bunuh that have been subjected to impact meteorite, have long providing high quality raw materials led the Bukit Bunuh site was continuously used throughout the Paleolithic.

BAB 1

BUKIT BUNUH, LEMBAH LENGGONG, PERAK

1.1 PENGENALAN

Bukit Bunuh adalah merupakan salah satu tapak terbuka Paleolitik yang turut mendedahkan jumpaan bukti impak meteorit. Tapak ini yang terletak di Lembah Lenggong, Perak dijumpai pada penghujung 2001 (Mokhtar, 2006a) sebagai tapak terbuka Paleolitik dengan bukti kewujudan bengkel pembuatan alat batu. Tapak Bukit Bunuh ini menunjukkan kelangsungan penempatan masyarakat Paleolitik lebih dari 1.83 juta tahun, 500,000 tahun dahulu, 270,000 tahun dahulu, 40,000 tahun dahulu dan 30,000 tahun dahulu (Nor Khairunnisa *et al.*, 2016). Kajian terdahulu juga menunjukkan Bukit Bunuh sebagai tapak impak meteorit berdasarkan bukti kewujudan struktur kawah melalui kajian geofizik, di samping kehadiran batuan leburan impak serta suevit, kewujudan makrostruktur kon pecah, mikrostruktur lamela selang seli (PDF), struktur lamela (PF) serta mineral polimorf tekanan tinggi iaitu stishovit dan koesit. Selain kajian terdahulu, bab ini turut memuatkan lokasi, isu dan masalah, tujuan, metodologi dan skop kajian.

1.2 LOKASI KAJIAN

Kawasan kajian terletak di utara Semenanjung Malaysia iaitu di Bukit Bunuh, Lembah Lenggong, Hulu Perak, Perak yang dibatasi latitud, $100^{\circ}58.5'$ Timur dan longitud, $5^{\circ}4.5'$ Utara (Rajah 1.1). Kawasan kajian ini merangkumi bahagian tengah

kawah impak meteorit, kira-kira 10 kilometer (km) dari Pekan Lenggong. Lokasi tapak ini terletak sekitar satu kilometer di utara tapak arkeologi Kota Tampan, sekitar 13 km di selatan tapak Kampung Temelong, 16 km di selatan tapak Bukit Jawa dan sekitar 25 km di selatan tapak Lawin. Pada 30 Jun 2012, Lembah Lenggong telah diisytiharkan sebagai Tapak Warisan Dunia oleh UNESCO yang dikenali sebagai ‘Warisan Arkeologi Lembah Lenggong’ (Mokhtar, 2012a).

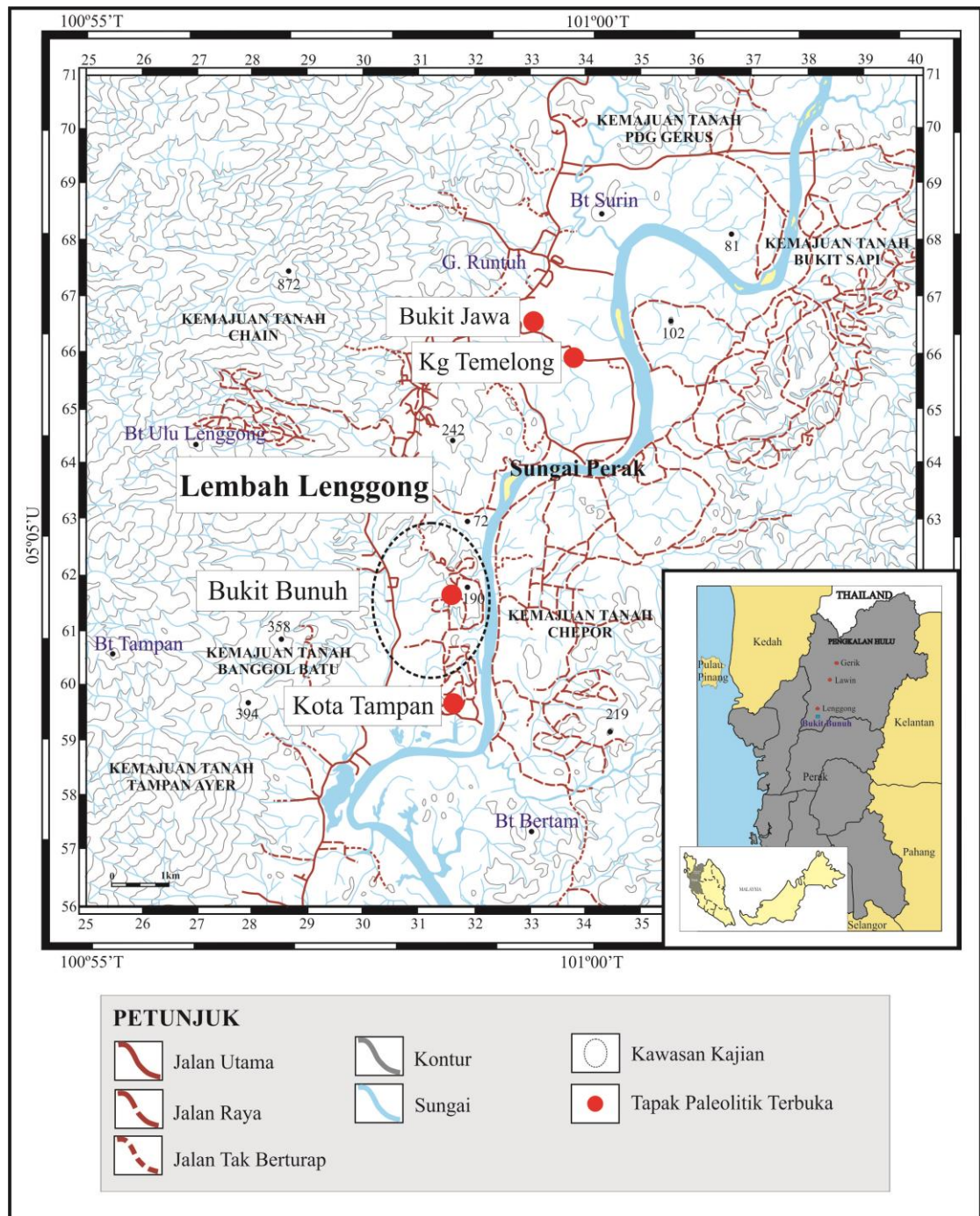
1.3 KAJIAN TERDAHULU

Penghuraian kajian geologi dan arkeologi terdahulu di Bukit Bunuh, Lembah Lenggong, Perak dan kawasan sekitarnya adalah bertujuan untuk menjelaskan latar belakang dan pengenalan kepada kajian ini. Seterusnya membolehkan isu dan masalah kajian terdahulu diketengahkan dalam kajian ini.

1.3.1 Geologi Am Lembah Lenggong, Perak

Geologi am Bukit Bunuh telah berubah dari segi unit stratigrafinya disebabkan oleh kejadian impak meteorit sehingga menghasilkan satu tambahan unit Kuarterner baru di Malaysia iaitu Kompleks Bukit Bunuh (Kamal Roslan *et al.*, 2012). Hal ini dibuktikan oleh kehadiran struktur kawah impak meteorit berdasarkan kajian geofizik dan beberapa bukti lain termasuklah kehadiran batuan impaktit di Bukit Bunuh oleh pengkaji terdahulu.

Secara umumnya, geologi am Bukit Bunuh yang merangkumi ke kawasan Lembah Lenggong dicirikan oleh batuan daripada pelbagai julat usia. Batuan yang hadir di



Rajah 1.1: Kedudukan kawasan kajian Bukit Bunuh di Lembah Lenggong, Perak.

kawasan kajian sebelum kejadian impak meteorit ialah Formasi Kroh yang berusia Paleozoik Bawah iaitu paling tua dan diikuti Granit Banjaran Utama serta Banjaran Bintang. Formasi Kroh dominan di kawasan Pengkalan Hulu dan hanya sedikit tersebar di Lembah Lenggong. Selepas kejadian impak meteorit pada masa

Kuarterner, satu unit baru iaitu Kompleks Bukit Bunuh telah terbentuk. Kemudiannya berlaku pula pengendapan baru iaitu endapan debu Toba dan juga endapan aluvium.

1.3.1(a) Formasi Kroh, Lembah Lenggong dan Pengkalan Hulu

Formasi Kroh adalah merupakan salah satu jujukan dalam Kumpulan Baling. Kumpulan Baling mulanya dikenali sebagai Formasi Baling sebelum dinaik taraf oleh Burton (1986). Burton (1965) memberikan usia Silur Awal kepada Kumpulan Baling berikutan jumpaan fosil *graptolite* di kawasan tersebut. Jones (1973) menganggarkan ketebalan Kumpulan Baling sekurang-kurangnya 2,700 meter (m).

Selain Formasi Kroh, Kumpulan Baling juga terdiri daripada Kuarzit Papulut, Tuf Lawin dan Lodak Grik. Kuarzit Papulut merupakan jujukan terbawah dan tertua di Hulu Perak dengan usia Kambrian Awal yang terdiri daripada arenit, batu kapur dan batuan kalka-silikat (Jones, 1973). Pengendapan Formasi Kroh berlaku selepas pengendapan Formasi Kuarzit Papulut yang terdiri daripada argilit hitam dan sedikit batuan berkalka. Tuf Lawin dan Lodak Grik pula hanya wujud sebagai kekanta dalam Formasi Bendang Riang yang sekarang dikenali sebagai Formasi Kroh (Foo, 1983). Tuf Lawin dan Lodak Grik (Tuf Grik-Lawin) ini terbentuk berselang lapis bersama-sama dengan formasi lain semasa proses pengendapan Kumpulan Baling yang berusia Permian Tengah (*The Malaysia-Thailand Working Group*, 2009). Tuf Grik-Lawin ini mengandungi lapisan tebal batuan piroklastik iaitu batuan klastik yang terbentuk dari bahan vulkanik (Burton, 1970). Tuf Grik-Lawin ini kemudiannya

dikeluarkan daripada Kumpulan Baling dan dinaik taraf sebagai Formasi Gerik disebabkan kelimpahannya di sekitar kawasan Gerik.

Nama geografi Formasi Kroh diambil sempena nama pekan Keroh yang sekarang dikenali sebagai Pengkalan Hulu yang terletak di daerah Hulu Perak. Selain di Pengkalan Hulu, Formasi Kroh juga boleh ditemui di beberapa kawasan di Lembah Lenggong seperti di Batu Dinding, Kampung Chepor dan Bukit Bunuh. Batu kapur dan batuan metasedimen lain dikepong oleh granit yang lebih muda akibat daripada rejahan granit tersebut semasa Trias, menjadikan Formasi Kroh di Lembah Lenggong wujud sebagai sisa bumbung (Kamal Roslan *et al.*, 2012). Pengendapan Formasi Kroh ini terhenti semasa Devon Awal akibat pengangkatan sesar Bok Bak yang menyebabkan anjakan dan penghabluran semula batuan hasil proses metamorfisma.

The Malaysia-Thailand Working Group (2009) telah menyimpulkan bahawa usia Formasi Kroh ialah di antara Silur Awal hingga Devon dengan jumpaan fosil *tentaculites*, *graptolites*, *brachiopod*, dan *trilobites* serta tiada fosil berusia Ordovisi ditemukan. Batuan Formasi Kroh dijangkakan sebagai asalan kepada batuan metasedimen impak yang terdapat di Bukit Bunuh. Ini kerana batuan Formasi Kroh ini adalah merupakan batuan dasar tertua yang terdapat di Lembah Lenggong sebelum kejadian impak meteorit (Hamzah *et al.*, 2012a). Namun begitu, kajian batuan asalan ini didapati masih kekurangan bukti dan data saintifik. Kebanyakan batuan Formasi Kroh telah termetamorf rantau menjadi batuan metasedimen semasa rejahan granit Trias. Mengikut kajian terdahulu, unit batuan bagi Formasi Kroh jenis metasedimen terdiri daripada batuan syal berkarbon dan batu lumpur bersilika dengan kehadiran kekanta batu kapur berargilit. Batuan-batuan ini kemudiannya

termetamorf menghasilkan batuan jenis honfel kalka-silikat, kuarzit, pseudosparit (Burton, 1986), meta-batu pasir dan marmar (*The Malaysia-Thailand Working Group*, 2009). Kamal Roslan *et al.* (2012) pula mengatakan bahawa batuan metasedimen Formasi Kroh ini terdiri daripada kuarzit, selang lapis arenit, argilit serta batu kapur yang telah termetamorf menjadi batuan marmar. Ini menunjukkan batuan Formasi Kroh telah termetamorf sebelum termetamorf kejutan. Kuarzit dan argilit masing-masing dikatakan asalan kepada metasedimen kekuarzitan dan metasedimen keargilitan (Nur Asikin, 2013). Namun begitu, pembuktian asalan kepada metasedimen impak ini perlu dikaji dengan lebih mendalam menggunakan ciri-ciri geokimiannya. Ini kerana, kajian terdahulu oleh Nur Asikin (2013) hanya menjangkakan asalan metasedimen impak secara umum dengan menggunakan kajian petrologi sahaja.

Batuan Formasi Kroh dibahagikan kepada empat fasies iaitu fasies argilit, fasies arenit, fasies kalka-silikat dan fasies berkapur. Fasies-fasies ini telah terlipat rencam dan direjahi oleh granit semasa Trias. Fasies argilit dengan julat warna kelabu gelap hingga hitam adalah unit batuan yang mendominasi Formasi Kroh. Warna gelap ini terhasil pada batuan yang mempunyai kandungan besi sulfida dan bahan berkarbon yang tinggi (*The Malaysia-Thailand Working Group*, 2009). Fasies ini terdiri daripada rijang, syal hitam dan batu lumpur yang biasanya termetamorf kepada sabak, filit, honfel pelitik, meta-batu lumpur bersilika dan syis-kuarza-mika. Kebiasaannya, pada titik persentuhan di antara rejahan granit dan fasies ini, peralihan argilit akan termetamorf kepada honfel kuarza-biotit. Fasies arenit pula terdiri daripada meta-batu pasir dan lapisan meta-argilit. Unit fasies ini hadir dengan lapisan tidak selanjat terutamanya dalam fasies berargilit. Fasies arenit yang dijumpai di Pekan Lenggong menunjukkan ia terluluhawa dan termetamorf tinggi

serta berwarna kemerahan. Fasies kalka-silikat yang berwarna kelabu pula terdiri daripada batu kapur yang tidak termetamorf dan honfel kalka-silikat. Batuan ini direkodkan mengandungi mineral seperti diopsid, wollastonit, zoisit, klintozoisit, khondrodit dan garnet (Jones, 1968). Honfel kalka-silikat ini dikatakan sebagai asalan kepada metasedimen kerijangan yang boleh ditemui di Lembah Lenggong (Nur Asikin, 2013). Secara umumnya, fasies ini juga dikatakan terhasil daripada metamorfisma argilit berkapur akibat rejahan granit Trias. Fasies berkapur yang berwarna putih kekelabuan pula mengandungi batuan berkapur yang kebanyakannya termetamorf menjadi marmar. Setiap fasies ini berjejari rencam di antara satu sama lain (Jones, 1970). Menurut Jones (1970), batu kapur yang terdapat di Lembah Lenggong wujud dalam skala besar sehingga membentuk topografi karst berbukit yang mengandungi morfologi gua serta wujud secara bersendirian.

Menurut Nur Asikin (2013), batuan metasedimen impak iaitu metasedimen kekuarzititan berasal dari kuarzit Formasi Kroh. Metasedimen kerijangan pula berasal dari honfel kalka-silikat dan batu lumpur Formasi Kroh, manakala metasedimen keargilitan berasal dari selang lapis argilit dan arenit Formasi Kroh. Metasedimen keflinan pula dikatakan berasal dari leburan sedimen atau granit. Walau bagaimanapun, kajian batuan asalan metasedimen impak ini masih kekurangan bukti terutamanya melalui kajian geokimia yang lebih teliti.

1.3.1(b) Granit Banjaran Bintang dan Granit Banjaran Utama

Granit Banjaran Bintang dan Banjaran Utama (Banjaran Titiwangsa) terbentuk akibat rejahan magma ke atas batuan dasar Formasi Kroh yang berlaku semasa Trias

(Hutchison, 1973). Usia ini dibuktikan melalui jumpaan fosil berusia Trias di Kedah berhampiran dengan Hulu Perak. Granit ini bersentuhan dengan Formasi Kroh, Formasi Gerik dan juga Formasi Kubang Pasu. Granit Banjaran Bintang terletak di sebelah barat, manakala granit Banjaran Utama pula di sebelah timur kawasan kajian. Kedua-dua jasad granit ini membentuk permatang dan di tengahnya ialah lembah yang menempatkan kawasan kajian, Bukit Bunuh.

Batuan granit di kawasan berdekatan Bukit Bunuh juga didapati mengalami perubahan disebabkan impak meteorit dengan jumpaan batuan ini yang menjadi matrik kepada suevit atau metagranit (Nur Asikin, 2013). Granit Bintang didominasi oleh granit berbutir kasar dan berbutir sederhana dengan biotit sebagai mineral mafik (Kamal Roslan *et al.*, 2012). Jones (1970) juga mengatakan bahawa kedua-dua jasad granit ini mempunyai saiz butiran porfiri dan berkomposisi adamelit iaitu terdiri daripada kuarza, plagioklas, feldspar dan biotit atau honblend. Secara umumnya, granit Banjaran Bintang terdiri daripada mineral kuarza (30%), feldspar alkali (40%), plagioklas (26%), biotit (3%) serta mineral aksesori (1%) iaitu hampir sama dengan komposisi kimia Granit Banjaran Utama yang berbutir lebih kasar (Jones, 1970 & Nur Asikin, 2013). Granit Banjaran Utama menunjukkan tahap luluhawa yang lebih tinggi berbanding granit Banjaran Bintang.

1.3.1(c) Kompleks Bukit Bunuh

Kompleks Bukit Bunuh ini terbentuk akibat daripada peristiwa impak meteorit yang berlaku di kawasan Bukit Bunuh. Hasil pentarikan menggunakan kaedah kesan belahan (*fission track*) oleh Makmal Geokronologi Japan ke atas batuan hasil impak

meteorit, suevit memberikan pentarikan sekitar 1.83 ± 0.61 juta tahun dahulu (Mokhtar, 2012b; Mokhtar, 2010). Pentarikan suevit ini memberikan usia Kuarterner bagi Kompleks Bukit Bunuh. Pada 13 Mei 2011, Kompleks Bukit Bunuh ini diisytiharkan sebagai unit stratigrafi baru di Lembah Lenggong oleh Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia (Mokhtar, 2012a).

Batuan dasar sebelum kawasan kajian ini ditimpa hentaman meteorit ialah batuan granit serta Formasi Kroh yang terdiri daripada siri batuan metasedimen. Impak meteorit berusia Kuarterner yang menimpa Bukit Bunuh menyebabkan batuan dasar termetamorf kejutan lalu menghasilkan batuan impaktit. Istilah impaktit ini digunakan pada batuan yang terhasil atau berubah sifatnya akibat metamorfisma kejutan impak meteorit (Hamzah *et al.*, 2012a). Kajian yang pernah dilakukan di Bukit Bunuh menunjukkan kehadiran tujuh batuan impaktit iaitu suevit (*suevite*), batuan leburan impak (*impact melt rock*), batuan breksia litik polimik (*polymictic lithic breccia*), batuan impak kuarzit (*quartzite impact rock*), batuan metasedimen impak (*impact metasedimentary rock*), batuan granit impak (*impact granite rock*) dan batuan impak kuarza atau metakuarza (*quartz impact rock*) (Hamzah *et al.*, 2012a). Menurut Kamal Roslan *et al.* (2012) pula, kawasan Bukit Bunuh mengandungi bongkah suevit, leburan impak, breksia impak litik polimik, granit impak dan metasedimen impak yang membentuk stratigrafi baru di Lembah Lenggong.

Batuan impaktit jenis metasedimen impak diberi penekanan dalam kajian ini kerana data arkeologi terdahulu, menjumpai batuan ini yang melimpah di Bukit Bunuh sebagai artifak. Ini adalah merupakan satu keunikan kerana terdapat batuan hasil impak meteorit yang dipilih oleh masyarakat Paleolitik di Bukit Bunuh untuk

dijadikan alat batu. Malah, belum ada lagi kajian saintifik secara teliti yang dijalankan ke atas batuan metasedimen impak ini, termasuklah pengelasan yang hanya dikelaskan menggunakan ciri fizikal dan petrografi sahaja. Pengelasan metasedimen Bukit Bunuh secara umumnya dibahagi kepada (a) metasedimen kekuarzitan, (b) metasedimen kerijangan, (c) metasedimen keflinan, (d) metasedimen keakikan dan (e) metasedimen keargilitan tanpa bukti sokongan seperti geokimia.

Selain kewujudan batuan impaktit seperti bongkah suevit dan leburan impak di Bukit Bunuh, impak meteorit di kawasan kajian ini juga dibuktikan dengan menggunakan kaedah geofizik seperti kaedah graviti (Abd. Rahim *et al.*, 2012), magnetik, *electrical resistivity sounding*, VES (Umar *et al.*, 2012), 2D keberintangan dan pembiasan seismik (Rosli *et al.*, 2012a; 2012b). Kaedah-kaedah geofizik ini digunakan dalam penentuan struktur kawah (Rosli, 2016). Bukti impak lain yang didapatkan daripada batuan impaktit di Bukit Bunuh pula termasuklah jumpaan kon pecah (Zakaria *et al.*, 2012; Anizan *et al.*, 2012) iaitu bukti impak yang boleh diperhatikan secara mata kasar dengan saiz skala meso hingga makro. Selain itu, terdapat juga jumpaan bukti mikrostruktur lamela berselang seli (PDF) pada megaklasta feldspar dalam batuan granit terimpak (Zakaria *et al.*, 2012) dan pada mineral kuarza dalam batuan suevit serta leburan impak (Anizan *et al.*, 2012; Nur Asikin, 2013). Kajian terdahulu juga berjaya mendapatkan mineral polimorf tekanan tinggi melalui sampel hasil dulang yang diambil di sungai sekitar kawasan kawah. Antara mineral polimorf tekanan tinggi yang direkodkan ialah stishovit dan koesit iaitu dari mineral polimorf kuarza. Dua mineral ini adalah merupakan mineral yang kebiasaannya terhasilkan oleh tekanan impak meteorit (Wan Fuad *et al.*, 2012). Selain itu, terdapat juga bukti struktur pseudotakalit (Nur Asikin, 2013) yang

menjadi bukti kehadiran dampak meteorit. Batuan leburan dampak juga menunjukkan bukti dampak seperti kehadiran mineral baru dengan tekstur spesifik seperti *spongy*, jejarum dan sperulit. Batuan breksia dampak polimik pula menunjukkan kehadiran pecahan batuan dasar yang terubah tetapi tidak terlebur. Menurut Hamzah *et al.* (2012a) lagi, akibat dampak meteorit, metasedimen dampak juga telah menunjukkan kepadatan yang tinggi sehingga menghasilkan batuan menyerupai flin tetapi masih mengekalkan foliasinya. Kesemua batuan hasil dampak ini menunjukkan ciri-ciri tersendiri sebagai batuan yang terhasil akibat dampak meteorit.

Melalui pembuktian di atas, didapati bukti dampak hanya dikaji secara mendalam oleh pengkaji terdahulu ke atas batuan impaktit seperti suevit dan leburan dampak sahaja, serta kurang memberi tumpuan ke atas metasedimen dampak. Ini kerana batuan dampak ini menunjukkan bukti dampak yang lebih ketara berbanding metasedimen dampak.

1.3.1(d) Endapan Debu Toba

Letusan Toba yang berlaku di Sumatera Utara adalah merupakan letusan gunung berapi Kuarterner yang terbesar di dunia sehingga meliputi 20,000 km² (Van Bemmelen, 1949; Aldish & Ghazali, 1984). Debu Toba berkomposisi riolit ini turut tersebar di beberapa tempat di Malaysia berdasarkan lokalitinya yang berdekatan dengan sumber dan juga persamaan mineralogi dan usianya (Van Bemmelen, 1949; Stauffer *et al.*, 1980; Rose & Chesner, 1987). Selain di Perak (Scrivenor, 1930; Willbourn, 1938; Stauffer, 1970), debu Toba ini juga dikesan di Padang Terap, Kedah (Debaveye *et al.*, 1983), Pahang Timur (Richardson, 1939; Alexander, 1968) dan Selangor (Stauffer, 1971; 1973; Stauffer & Batchelor, 1978).

Pentarikan debu Toba di Sumatera menggunakan kaedah K-Ar memberikan usia 75,000 tahun dahulu (Ninkovich *et al.*, 1978a; 1978b). Usia ini memberikan pentarikan yang hampir sama pada debu Toba yang terdapat di Lembah Lenggong dengan usia $73,880 \pm 320$ tahun dahulu menggunakan kaedah $\text{Ar}^{40}/\text{Ar}^{39}$ melalui sampel mineral sanidin dari debu Toba (Storey *et al.*, 2012). Di Lembah Lenggong, debu toba juga dikaitkan dengan letusan Toba berdasarkan komposisi biotitnya yang serupa (Smith *et al.*, 2011). Ini berkemungkinan, Lembah Lenggong telah menerima pengendapan letusan Toba yang terakhir berdasarkan usianya yang sedikit muda. Endapan kuarterner ini tidak terkesan dengan kejadian impak disebabkan usianya yang lebih muda dan hanya hadir selepas impak meteorit. Mokhtar (2009) mengatakan bahawa taburan endapan ini berkeluasan sekitar 70 km² dan berketebalan sekitar 10 m. Debu toba ini juga dijumpai secara *in-situ* di tapak arkeologi Kota Tampan sehingga ketebalan lima meter (Storey *et al.*, 2012) dan juga di Bukit Jawa (Mokhtar, 2009). Malah, endapan ini dijumpai berasosiasi dengan alat batu di Kota Tampan yang menunjukkan ia mempunyai kaitan dengan kepupusan masyarakat Paleolitik pada masa tersebut (Zuraina, 2003). Menurut Nur Asikin (2013), endapan ini kurang jelas di Bukit Bunuh berkemungkinan terjejas kerana aktiviti pertanian di kawasan tersebut.

1.3.1(e) Endapan Aluvium

Endapan aluvium adalah merupakan endapan paling muda di kawasan kajian yang mempunyai sebaran meluas dari Gerik hingga ke Lembah Lenggong. Endapan Kuarterner ini dibahagikan kepada endapan kelikir dan endapan lanar (Nor Khairunnisa, 2013). Pengendapan ini terdiri daripada klasta kobel, kelikir, pasir dan

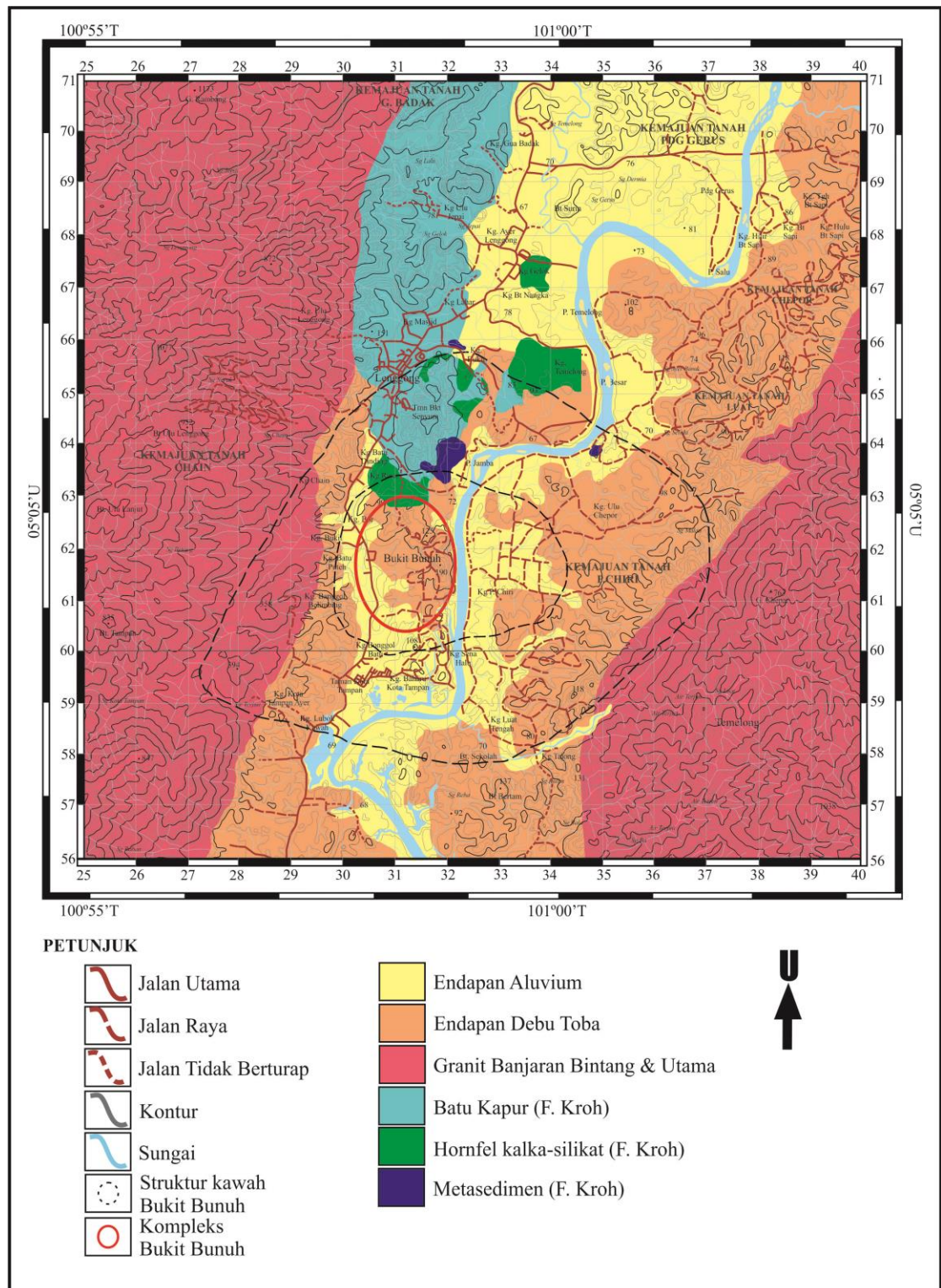
tanah liat dari Formasi Baling (Jones, 1970; Mokhtar 1987). Menurut Ismatul Hani (2005), endapan aluvium terdiri daripada endapan pasir, lempung dan kelikir yang tak terkonsolidat hingga separa konsolidat yang biasanya dijumpai di kawasan tanah rendah di sepanjang Sungai Perak. Ini kerana, endapan aluvium ini adalah hasil daripada aktiviti Sungai Perak kuno, di mana batuan di kawasan utara mengalami luluhawa dan kemudiannya diangkut dan dimendapkan di sepanjang laluan sungai. Maka, ia termendap di kawasan lembah yang berketinggian lebih rendah seperti lembah yang terletak di antara granit Banjaran Bintang dan Banjaran Utama.

Endapan aluvium adalah unit yang paling penting kerana kebanyakan endapan ini berasosiasi dengan artifak di kawasan Lembah Lenggong terutamanya endapan kelikir. Hal ini dibuktikan dengan adanya jumpaan unit aluvium di tapak arkeologi Bukit Jawa dan Kampung Temelong yang berusia sekitar 100,000-200,000 tahun dahulu, manakala di Bukit Bunuh berusia sekitar $39,000 \pm 2,600$ dan $13,000 \pm 800$ tahun dahulu (Nur Asikin, 2013).

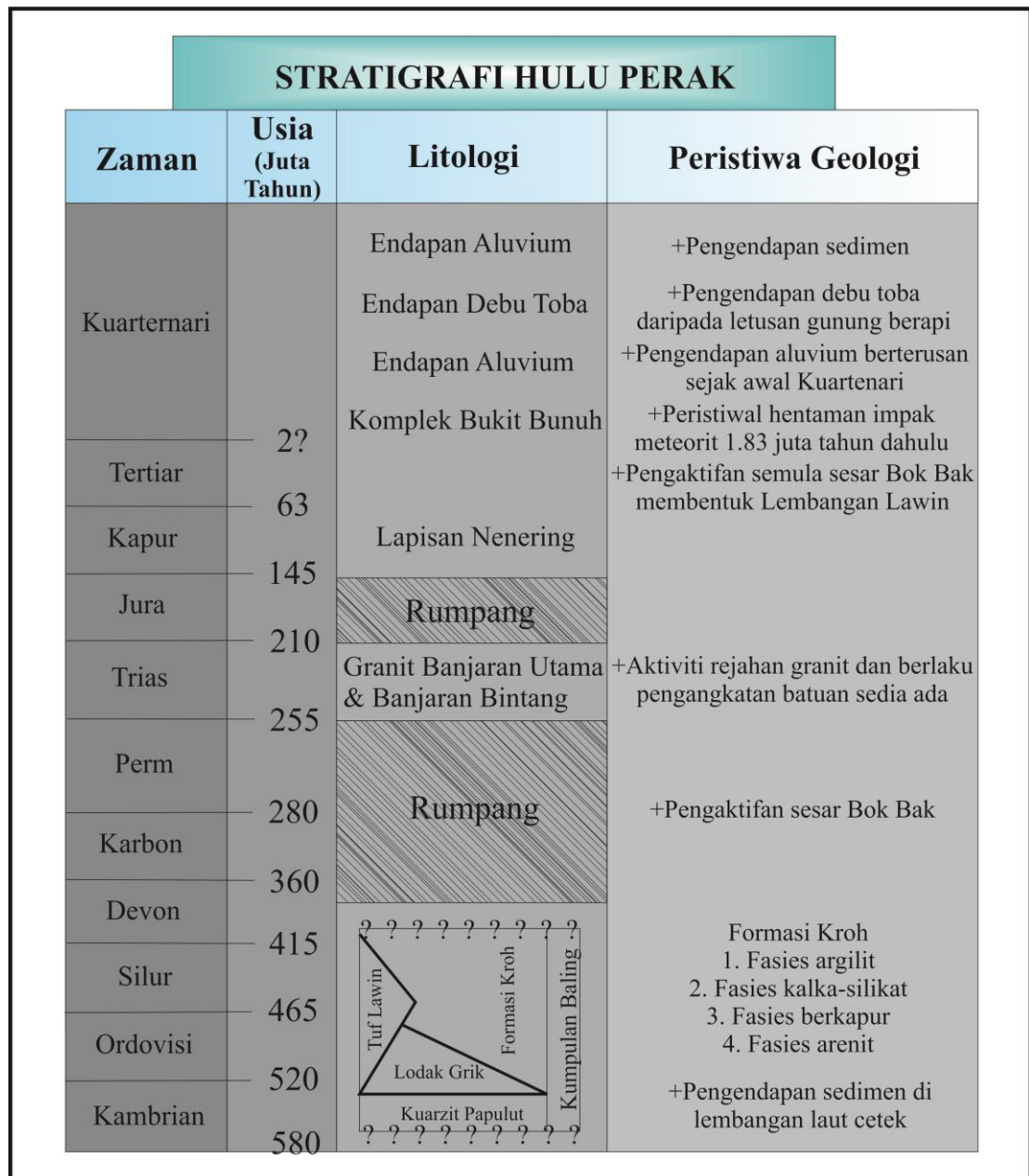
Peta geologi dan unit stratigrafi batuan dan pengendapan yang hadir di Lembah Lenggong masing-masing diringkaskan seperti dalam Rajah 1.2 dan Rajah 1.3.

1.3.2 Arkeologi Lembah Lenggong, Perak

Kajian arkeologi di Lembah Lenggong yang bermula pada 1917 boleh dibahagikan kepada empat fasa iaitu fasa pertama di awal abad ke-20 (1917-1938), fasa kedua di awal pertengahan abad ke-20 (1950-1954), fasa ketiga di pertengahan abad ke-20 (1958-1987) dan fasa keempat di akhir abad ke-20 (1987 & hingga sekarang)



Rajah 1.2: Peta geologi kawasan Lembah Lenggong, Perak.



Rajah 1.3: Peta stratigrafi Hulu Perak (selepas Nur Asikin, 2013).

(Mokhtar, 1997a). Pusat Penyelidikan Arkeologi Global, Universiti Sains Malaysia yang dahulunya dikenali sebagai Pusat Penyelidikan Arkeologi Malaysia memulakan kajian di Lembah Lenggong, Perak pada tahun 1987. Kajian arkeologi terdahulu adalah melibatkan tapak gua (tertutup) dan tapak terbuka yang datanya diperoleh melalui kaedah jumpaan permukaan dan juga ekskavasi.

Tapak gua yang terdapat di Lembah Lenggong ialah Gua Kajang (Evans, 1918; Chia, 1997; Goh, 2008), Gua Badak (Evans & Callenfels, 1928; Chia, 1997), Gua Harimau (Williams-Hunt, 1952; Zuraina, 1988; Zolkurnian, 1989), Gua Dayak (Williams-Hunt, 1952; Chia, 1997), Gua Bukit Batu Berdinding (Matthews, 1960), Gua Gunung Runtuh (Zuraina, 1994), Gua Gong Badak (Chia, 1997), Gua Teluk Kelawar (Zuraina, 1996; Chia, 1997; Zolkurnian, 1998; Zuraina, *et al.*, 2005), Gua Batu Tukang (Chia, 1997; Zolkurnian, 1998) Gua Mesin (Chia, 1997) dan Gua Ngaum (Zolkurnian, 1998). Tapak terbuka di Lembah Lenggong pula termasuklah Bukit Bunuh (Mokhtar, 2004a; 2006a; 2006b) iaitu tapak terbuka yang paling terkini dikaji. Bersama-sama Bukit Bunuh terdapat empat lagi tapak terbuka Paleolitik di Lembah Lenggong iaitu Kota Tampan (Zuraina & Tjia, 1988; Zuraina, 1989; Hamid, 2007), Temelong (Mokhtar, 1997a), Bukit Jawa (Zuraina, 1996; 1997) dan Lawin (Mokhtar, 1997b).

Daripada kajian tersebut, hanya Bukit Bunuh sahaja yang menunjukkan perbezaan dan kepelbagaian bahan asas dari batuan impaktit seperti metasedimen kerijangan metasedimen kekuarzit, suevit dan metakuarza. Tapak terbuka lain pula didapati hanya menggunakan bahan asas biasa yang selalu digunakan di tapak arkeologi di Lembah Lenggong iaitu kuarzit dan kuarza serta bukan dari batuan impaktit seperti di Bukit Bunuh. Maka, hanya tapak Bukit Bunuh yang diberi lebih perhatian.

1.3.2(a) Tapak Bukit Bunuh

Bukit Bunuh adalah merupakan tapak Paleolitik terbesar di Lembah Lenggong dengan keluasan sekitar 4 km² (Nur Asikin, 2013). Tapak Bukit Bunuh penting

kerana merupakan satu-satunya tapak arkeologi di Lembah Lenggong yang mempunyai bahan asas dari batuan impak meteorit. Tapak Bukit Bunuh ini menempatkan bukti-bukti Paleolitik seperti tapak bengkel litik yang tidak terganggu menerusi ekskavasi Bukit Bunuh 2001-2003 (bahagian selatan) (Mokhtar, 2004a) dan ekskavasi Bukit Bunuh 2008-2010 (bahagian Barat) (Nor Khairunnisa, 2013). Pentarikhan melalui kaedah pandar kilau rangsangan optik (OSL), memberikan pentarikhan mutlak 40,000 tahun dahulu (Mokhtar, 2004a; 2006a), 270,000-320,000 tahun dahulu dan 490,000-550,000 tahun dahulu (Nor Khairunnisa, 2013). Pentarikhan ini menunjukkan bahawa kebudayaan Paleolitik di Bukit Bunuh adalah berlangsung secara berterusan iaitu lebih dari 1.83 juta tahun, 500,000 tahun dahulu, 270,000 tahun dahulu, 40,000 tahun dahulu dan 30,000 tahun dahulu (Nor Khairunnisa *et al.*, 2016). Pentarikhan 1.83 juta tahun dahulu adalah didapatkan melalui kaedah kesan belahan (*Fission Track*) oleh Makmal Geokronologi Jepun ke atas batuan impak meteorit, suevit yang mengandungi kapak genggam di dalamnya (Mokhtar, 2010).

Bahan asas dari batuan hasil impak meteorit yang digunakan di tapak ini ialah kuarza, kuarzit, rijang, flin, akik dan suevit serta bahan asas lain seperti pebel sungai (Mokhtar 2004a; 2006a; 2006b). Beberapa bahan asas dari batuan impaktit ini kemudiannya ditukar kepada penamaan metakuarza, metasedimen metakuarzit, metasedimen kerijangan, metasedimen keflinan dan metasedimen keakikan oleh Nur Asikin (2013). Namun begitu, penamaan metasedimen metakuarzit ditukar kepada metasedimen kekuarzitan memandangkan batuan metamorf tidak boleh menggunakan prefix 'meta' seperti yang dibincangkan dalam Bab 4. Nor Khairunnisa (2013), menyatakan bahawa kebanyakan bahan asas yang dijumpai pada

ekskavasi di Bukit Bunuh ialah daripada batuan jenis metakuarza, suevit serta metasedimen kekuarzitan dan metasedimen kerijangan. Ini menunjukkan bahawa metasedimen impak juga menjadi bahan asas pilihan oleh masyarakat Paleolitik. Namun begitu, tiada kajian teliti yang dilakukan ke atas batuan metasedimen impak oleh pengkaji terdahulu terutamanya mengenai ciri-ciri fizikal dan geokimianya yang membuatkan batuan ini menjadi bahan asas yang terkenal di tapak ini untuk dijadikan alat batu. Ini kerana, kebanyakan kajian arkeologi terdahulu hanya menekankan jenis alat batu yang hadir, nama bahan asas dan teknologi pembuatannya sahaja. Sekiranya ciri-ciri fizikal dan geokimia bahan asas dari metasedimen impak ini diteliti, maka persoalan mengenai kelimpahan alat batu dari bahan asas ini akan terjawab.

Jadual 1.1 menunjukkan bahan asas artifak yang dijumpai pada tapak terbuka Lembah Lenggong yang menonjolkan perbezaan di antara penggunaan bahan asas Bukit Bunuh dan tapak-tapak lain di Lembah Lenggong.

Jadual 1.1: Bahan asas di tapak Paleolitik terbuka di Lembah Lenggong (Nor Khairunnisa, 2013).

Bahan Asas	Bukit Bunuh 2001-2003 (40,000 t.d)	Bukit Bunuh 2008-2010 (270,000- 550,000 t.d)	Kota Tampan (70,000 t.d)	Lawin, Temelong dan Bukit Jawa (100,000- 200,000 t.d)
Metakuarza	Ada	Ada	-	-
Metasedimen kekuarzitan	Ada	Ada	-	-
Metasedimen Kerijangan	Ada	Ada	-	-
Suevit	Ada	Ada	-	-
Kuarza	-	-	Ada	Ada
Kuarzit	-	-	Ada	Ada

1.4 ISU DAN MASALAH

Perbincangan mengenai kajian terdahulu di Bukit Bunuh, Lembah Lenggong adalah bertujuan untuk mengupas isu dan masalah yang wujud daripadanya dan seterusnya membolehkan matlamat kajian ini diutarakan dalam melengkapkan data arkeologi dan geologi Bukit Bunuh. Walaupun kajian terhadap Bukit Bunuh bermula sejak 2001 lagi, namun tidak banyak kajian berkaitan batuan hasil impak dari jenis metasedimen impak yang dilakukan secara terperinci dan saintifik. Maka, isu dan masalah yang boleh diketengahkan ialah:

- i. Kekurangan data saintifik yang menyokong pengelasan kesemua jenis metasedimen impak berserta asalannya,
- ii. Pembuktian impak meteorit Bukit Bunuh yang kurang melibatkan bukti daripada batuan metasedimen impak, dan
- iii. Maklumat mengenai ciri bahan asas dari metasedimen impak belum dikaji secara teliti walaupun bahan asas ini wujud melimpah sebagai alat batu.

1.5 TUJUAN KAJIAN

Tujuan utama kajian berdasarkan isu dan masalah yang timbul adalah untuk:

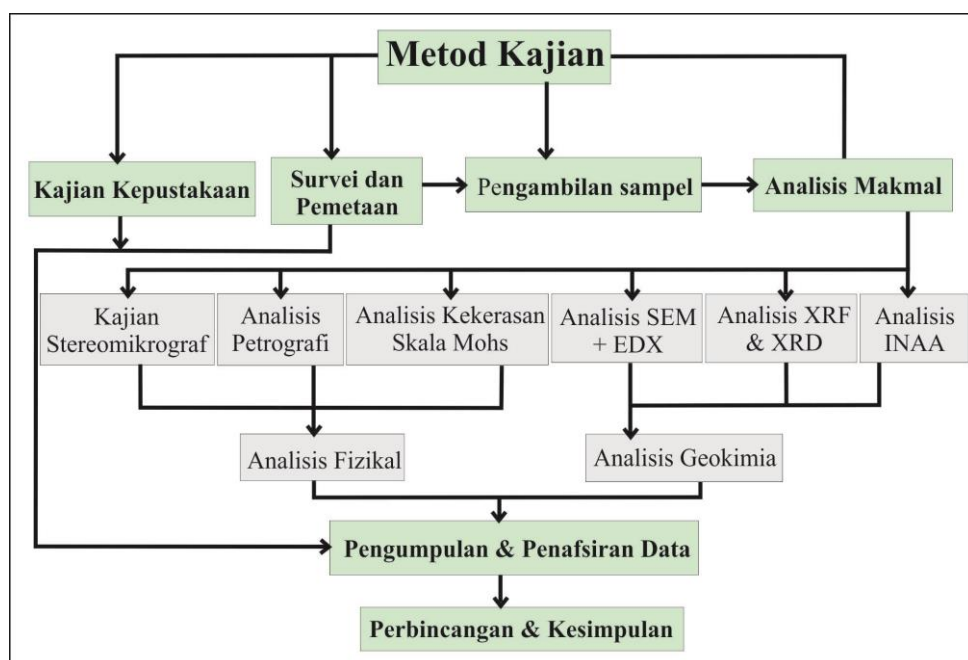
- i. Membina klasifikasi batuan jenis metasedimen impak yang terdapat di Bukit Bunuh serta mengenalpastian asal-usulnya,
- ii. Menentukan ciri fizikal dan geokimia metasedimen impak sebagai pembuktian kepada impak meteorit, dan
- iii. Mengenal pasti kaitan antara ciri-ciri metasedimen impak dengan jenis bahan asas yang digunakan oleh masyarakat Paleolitik di Bukit Bunuh.

1.6 METOD KAJIAN

Metod kajian di Bukit Bunuh, Lembah Lenggong, Perak melibatkan empat peringkat iaitu kajian kepustakaan, kajian lapangan dan pengumpulan sampel, kerja makmal dan analisis serta pengumpulan dan penafsiran data seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.4. Tiga peringkat pertama melibatkan proses mendapatkan data dan satu peringkat seterusnya merangkumi proses penulisan dan penghasilan tesis.

1.6.1 Kajian Kepustakaan

Permulaan kajian melibatkan kajian kepustakaan untuk mendapatkan rekod kajian terdahulu berkenaan Bukit Bunuh, Lembah Lenggong, Perak di mana fokus utamanya ialah batuan metasedimen impak yang terdapat di kawasan kajian. Nur Asikin (2013) merekodkan bahawa batuan ini terhasil melalui metamorfisma



Rajah 1.4: Carta metod kajian melibatkan proses mendapatkan data.

kejutan impak meteorit yang dibahagikan kepada batuan metasedimen kekuarzitan, metasedimen kerijangan, metasedimen keflinan, metasedimen keakikan dan metasedimen keargilitan berdasarkan ciri-ciri yang dilihat dari analisis petrologi. Melalui kajian ini, lokasi batuan metasedimen impak dikenal pasti secara kasar bagi membolehkan survei, pemetaan serta pengumpulan sampel dijalankan. Kajian ke atas tapak kawah impak meteorit dunia yang mengandungi metasedimen juga diteliti untuk tujuan perbandingan dengan batuan metasedimen impak di Bukit Bunuh.

Selain itu, kajian kepustakaan juga melibatkan mengenalpastian kawasan ekskavasi yang pernah dilakukan di Bukit Bunuh yang mempunyai data penggunaan metasedimen impak sebagai bahan asas di Bukit Bunuh. Hal ini juga penting bagi mengenal pasti jenis alat batu yang dihasilkan menggunakan metasedimen impak. Perbandingan bahan asas juga dilakukan dengan tapak arkeologi di Asia untuk melihat persamaan jenis penggunaan bahan asas alat batu.

1.6.2 Kajian Lapangan dan Pengumpulan Sampel

Peringkat kedua ialah kajian lapangan dan pengumpulan sampel yang melibatkan survei kawasan kajian dan pemetaan taburan batuan metasedimen impak dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Sampel batuan yang terlibat ialah batuan metasedimen kekuarzitan, metasedimen kerijangan, metasedimen keargillitan, metasedimen keflinan dan metasedimen keakikan serta batuan Formasi Kroh yang dijangkakan sebagai asalan metasedimen impak ini. Oleh kerana Bukit Bunuh dan hanya sedikit di Kampung Bor yang mengalami impak meteorit di Lembah Lenggong dan merupakan tapak yang menghasilkan metasedimen impak, maka

batuan seumpama atau seakan metasedimen impak yang terhasil melalui kitaran batuan biasa diambil untuk tujuan perbandingan mengikut keutamaan seperti batuan sejenis metasedimen kerijangan yang paling melimpah di Bukit Bunuh. Selain itu, sampel artifak dari metasedimen impak pula didapatkan melalui jumpaan permukaan dan sampel ekskavasi Bukit Bunuh 2008-2010 oleh Nor Khairunnisa (2013). Tujuannya adalah untuk melihat jenis artifak yang hadir dan peratusan penggunaan bahan asas dari metasedimen impak melalui hasil jumpaan artifak metasedimen impak semasa ekskavasi tersebut dijalankan.

1.6.3 Kerja Makmal dan Analisis

Peringkat seterusnya pula melibatkan kerja makmal dan analisis. Kerja makmal yang akan dijalankan ialah bertujuan untuk analisis ciri fizikal dan geokimia batuan. Ciri fizikal didapatkan melalui data kajian lapangan, analisis stereomikrograf, analisis petrografi dan analisis kekerasan skala Mohs. Ciri geokimia pula, didapatkan melalui analisis mikroskop elektron imbasan (SEM), analisis serakan tenaga sinar-X (EDX), analisis pendafLOUR sinar-X (XRF), analisis pembelauan sinar-X (XRD) dan analisis pengaktifan neutron secara instrumentasi (INAA).

1.6.3(a) Analisis Stereomikroskop

Analisis stereomikroskop ini adalah kajian awal sebelum dilakukan analisis petrografi dan SEM. Sampel batuan bersaiz sampel tangan diperhatikan di bawah stereomikroskop seperti dalam Lampiran A. Mikroskop dengan pembesaran yang rendah ini digunakan untuk melihat permukaan sampel atau keadaan dalam rongga

yang terdapat pada sampel. Kajian ini juga sangat berguna dalam menentukan bahagian sampel yang terbaik sebelum dipilih untuk analisis petrografi dan SEM. Walau bagaimanapun, pembesarannya adalah terhad.

1.6.3(b) Analisis Petrografi

Analisis petrografi dijalankan sebagai langkah pertama untuk mengenal pasti mineral secara kualitatif pada sampel dengan menggunakan keratan nipis sampel batuan, selain menentukan purata saiz butiran dan tekstur batuan tersebut. Prosedur penyediaan keratan nipis ditunjukkan seperti dalam Lampiran B. Melalui keratan nipis ini, jenis mineral dapat dikenal pasti di bawah mikroskop optik. Namun begitu analisis petrografi hanya mampu memberikan jenis mineral yang hadir tanpa dapat mengetahui peratusan kehadiran mineral tersebut secara keseluruhan dan untuk itu ia memerlukan bantuan analisis geokimia.

1.6.3(c) Analisis Pendaflour Sinar-X (XRF)

Analisis XRF merupakan teknik spektrometri sinar-X yang menggunakan prinsip pengujian elektron bagi menghasilkan sinar-X dengan tenaga yang spesifik. Analisis ini dijalankan bagi mengenal pasti unsur major dan unsur surih iaitu komposisi kimia sampel batuan serta nilai kepekatan melalui ujian terhadap kaca terlakur dan palet tertekan dengan menggunakan mesin XRF berjenama Panalytical model Axiosmax. Analisis ini adalah bersifat kualitatif dan kuantitatif. Ujian terhadap kaca terlakur dan palet tertekan ini masing-masing menggunakan kejituan piawai GBW 077773 Riolit dan SARM 1 Granit. Parameter analisis XRF ialah tabung sinar-X (Rh), garis sinar-

X ($K\alpha$), hablur penganalisis dan sudut 2θ . Analisis ini tidak memusnahkan sampel yang diserbukkan kerana sinar-X tidak mencacatkan sampel yang dianalisis. Walau bagaimanapun, XRF hanya mampu mengesan nilai kepekatan sehingga bahagian per juta (ppm) sahaja. Proses penyerbukan untuk XRF yang juga digunakan untuk analisis XRD ditunjukkan dalam Lampiran C. Prosedur analisis XRF pula ditunjukkan seperti dalam Lampiran D.

1.6.3(d) Analisis Belauan Sinar-X (XRD)

Analisis XRD dilakukan bagi mengenal pasti mineral yang hadir dalam metasedimen impak dengan mengenal pasti fasa berhablurnya menggunakan mesin pembelauan Bruker D8 Advance. Analisis ini penting untuk mengenal pasti bahan berhablur yang sangat halus (1-4 μm) secara kualitatif, yang sukar ditentukan mineralnya melalui analisis petrografi. Walau bagaimanapun, analisis XRD perlu sokongan analisis XRF untuk mendapatkan hasil geokimia yang lengkap. Parameter XRD melibatkan empat keadaan iaitu tabung sinar-X ($\text{Cu-K}\alpha$, $\lambda = 1.5418$), penapis (Nikel), julat pengimbasan dan halaju pengimbasan (0.008-0.08 $2\theta/\text{s}$). Pengukuran kejituan XRD adalah menggunakan piawai NIST SRM 1976 (Corundum A13B73). Prosedur penyediaan sampel untuk analisis XRD ditunjukkan seperti dalam Lampiran E.

1.6.3(e) Analisis Mikroskop Elektron Imbasan (SEM)

Mesin SEM, Quanta 650 FEG ialah mikroskop yang menggunakan elektron sebagai sumber cahaya. SEM digunakan untuk meneliti permukaan sampel sehingga pembesaran imej 300,000 kali berbanding mikroskop konvensional yang hanya